



UNIVERSITAS DIPONEGORO

PENGARUH VARIASI PARAMETER PROSES PEMESINAN TERHADAP GAYA MAKAN DAN GAYA POTONG PADA PROSES BUBUT A12024 – T4

TUGAS AKHIR

**TOMMY HUTAMA
L2E 007 079**

**FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN**

**SEMARANG
SEPTEMBER 2011**

TUGAS AKHIR

Diberikan Kepada : Nama : Tommy Utama
NIM : L2E 007 079

Dosen Pembimbing : 1. Dr. Susilo Adi Widyanto, ST, MT
: 2. Dr. Rusnaldy, ST, MT

Jangka Waktu : 6 (enam) Bulan

Judul : Pengaruh Parameter Proses Pemesinan Terhadap Gaya
Makan dan Gaya Potong pada Proses Bubut Al2024 – T4

Isi Tugas : 1. Mengukur gaya makan dan gaya potong pada
variasi kecepatan potong, kecepatan makan, dan
kedalaman potong menggunakan pahat tanpa aus
2. Menganalisa pengaruh variasi parameter
permesinan terhadap gaya makan dan gaya
potong.

Semarang, September 2011

Pembimbing I



Dr. Susilo Adi W, ST, MT

NIP. 197002171994121001

Pembimbing II



Dr. Rusnaldy, ST, MT

NIP. 197005201999031002

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

NAMA : Tommy Utama

NIM : L2E 007 079

Tanda Tangan : 

Tanggal : September 2011

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

NAMA : Tommy Utama

NIM : L2E 007 079

Jurusan/Program Studi : Teknik Mesin

Judul Skripsi : Pengaruh Parameter Proses Pemessinan Terhadap Gaya
Makan dan Gaya Potong pada Proses Bubut
A12024 - T4

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan/Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.

TIM PENGUJI

Pembimbing : Dr. Susilo Adi W, ST, MT

Pembimbing : Dr. Rusnaldy, ST, MT

Penguji : Dr. Sulardjaka, ST, MT

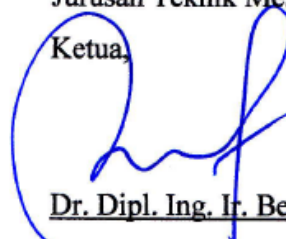
Penguji : Ir. Djoeli Satrijo, MT

()
()
()
()

Semarang, September 2011

Jurusan Teknik Mesin

Ketua,



Dr. Dipl. Ing. Ir. Berkah Fadjar TK

NIP. 195907221987031003

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademika Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : TOMMY HUTAMA
NIM : L2E 007 079
Jurusan/Program Studi : TEKNIK MESIN
Fakultas : TEKNIK
Jenis Karya : SKRIPSI

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya dan dosen pembimbing yang berjudul :

PENGARUH PARAMETER PROSES PEMESINAN TERHADAP GAYA
MAKAN DAN GAYA POTONG PADA PROSES BUBUT Al2024 – T4.

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan memublikasikan tugas akhir kami selama tetap mencantumkan nama kami sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini kami buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Semarang
Pada Tanggal : September 2011

Yang menyatakan



Tommy Utama
NIM. L2E 007 079

MOTTO

“Nikmatilah hidupmu, niscaya hidupmu kan terasa indah”

PERSEMBAHAN

Laporan Tugas Akhir ini penulis persembahkan kepada:

- 1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah - Nya sehingga laporan ini dapat kami selesaikan dengan baik.*
- 2. Kedua orang tua tercinta, terima kasih atas dukungannya dalam doa dan dukungannya.*
- 3. Kakak dan adik tercinta yang selalu memberikan semangat, terima kasih atas dukungan dan doanya.*
- 4. Teman-teman Teknik Mesin Universitas Diponegoro angkatan 2007, terima kasih untuk kritik dan sarannya.*
- 5. Semua pihak yang terkait dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini.*

ABSTRAK

Proses bubut dalam industri manufaktur digunakan untuk membuat produk dalam jumlah massal sehingga diperlukan pemantauan terhadap kondisi permesinan. Salah satu teknik untuk memantau kondisi pemotongan dengan melibatkan pengukuran gaya pemotongan. Perubahan gaya pemotongan menunjukkan perubahan dalam parameter proses pemesinan, seperti, kecepatan potong, kecepatan makan, kedalaman potong dan kondisi alat. Dengan demikian akurasi operasi pemesinan dapat ditingkatkan melalui umpan balik gaya pemotongan. Gaya pemotongan juga dapat digunakan untuk menghitung daya pemotongan sehingga dapat diketahui beban biaya listrik yang dibutuhkan dalam proses pemesinan. Tujuan dari penelitian untuk menganalisa hubungan antara parameter proses pemesinan terhadap gaya potong, gaya makan, gaya potong spesifik dan daya pemotongan pada proses bubut paduan aluminium Al2024 – T4.

Proses bubut dilakukan menggunakan sistem pemotongan tegak dan tidak menggunakan cairan pendingin. Pengujian dilakukan dengan mengukur gaya potong dan gaya makan menggunakan *loadcell* dengan *transducer straingages* dengan variasi kecepatan potong, kecepatan makan, dan kedalaman potong. Pahat yang digunakan pahat sisipan tungsten karbida (WC - Co). Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa kenaikan kecepatan potong 20% akan menurunkan gaya potong sebesar 3.037% dan gaya makan 2.48%. Kenaikan kecepatan makan 20% menaikkan gaya potong sebesar 8.53%. Gaya potong spesifik lebih dipengaruhi oleh gerak makan dibandingkan kecepatan potong. Daya pemotongan akan naik seiring kenaikan parameter permesinan.

Kata kunci : Parameter proses permesinan, Proses bubut, Gaya potong, Gaya makan, Gaya potong spesifik, Daya pemotongan

ABSTRACT

The turning process in the manufacturing industry are used to make products in mass quantities, so it need a monitoring of the machining conditions. One of the techniques for monitoring of cutting condition involves the measurement of cutting forces. Changes in these forces indicate changes in machining parameters, such as cutting speed, feed speed, depth of cut and condition of tool. Thus the accuracy of machining operations could be improved through the cutting force feedback. Cutting forces can also be used to calculate the cutting power so it can be seen the electricity cost required in the machining process. The purpose of the study was to analyze the relationship between the machining process parameters to cutting force, feed force, specific cutting force and cutting power on the turning process of aluminum alloy Al2024 - T4.

The turning process was conducted using an orthogonal cutting systems and without using cutting fluid. The tests were conducted by measuring the cutting force and feed force using loadcell with straingages as the transducer and with variation cutting speed, feed speed, and depth of cut. The cutting tool used was tungsten carbide insert tool (WC - Co). The results showed that the increasing cutting speed 20% would decreased the cutting force by 3.037% and 2.48% eating style. The increase in feed speed 20% increased the cutting force by 8.53%. The specific cutting force is more depend on feed than the cutting speed. Cutting power would increase as machining process increased.

Keyword : Machining process parameter, Turning process, Cutting force, Feed force, Specific cutting force, Cutting power

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa karena atas anugerah dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan laporan Tugas Akhir dengan judul “Pengaruh Parameter Proses Pemesinan Terhadap Gaya Makan dan Gaya Potong pada Proses Bubut Al2024 – T4”.

Laporan Tugas Akhir ini disusun sebagai syarat untuk menyelesaikan studi pada program sarjana di Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro Semarang.

Dalam pembuatan laporan ini banyak pihak yang telah turut serta memberikan dukungan baik secara moril maupun materiil. Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Susilo Adi Widyanto, ST, MT selaku Dosen Pembimbing 1 Tugas Akhir.
2. Dr. Rusnaldy, ST, MT selaku Dosen Pembimbing 2 Tugas Akhir.
3. Bapak Margono selaku teknisi laboraorium Metalurgi Fisik, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro Semarang.
4. Gunawan S.K teman sekelompok selama Tugas Akhir.
5. Kepada semua pihak yang telah membantu penulis yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari para pembaca sekalian. Mudah-mudahan laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat baik bagi penulis pribadi maupun para pembaca sekalian.

Semarang, September 2011

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN TUGAS AKHIR	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	v
HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN	vi
HALAMAN ABSTRAK	vii
HALAMAN <i>ABSTRACT</i>	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
NOMENKLATUR.....	xix
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Metode Penelitian	3
1.5 Sistematika Penulisan	4
BAB II DASAR TEORI	
2.1 Proses Pemesinan.....	5
2.1.1 Definisi Proses Pemesinan	5
2.1.2 Proses Bubut	6
2.1.3 Parameter-Parameter Proses Pemesinan	7
2.2 Mekanisme Pembentukan Geram	9
2.2.1 Komponen Gaya Pembentukan Geram	10

2.2.2 Sistem Pemotongan Tegak (<i>Ortogonal Cutting</i>)	11
2.2.3 Sistem Pemotongan Miring (<i>Oblique Cutting</i>)	13
2.3 Geometri Pahat	13
2.4 Pemesinan Kering	16
2.5 Gaya dan Daya Pemotongan	17
2.5.1 Gaya Potong	17
2.5.1.1 Gaya Pemotongan Teoritik	17
2.5.1.2 Gaya Pemotongan Empirik	19
2.5.2 Gaya Makan	21
2.5.3 Daya Pemotongan	22
2.6 Bahan Pahat	22
2.6.1 Bahan Pahat	22
2.6.2 Bahan Pahat Karbida	23
2.7 Alat Ukur Gaya	24
2.7.1 Dinamometer	24
2.7.2 <i>Loadcell</i>	24
2.7.3 <i>Straingages</i>	26
2.8 Bahan Material Benda Kerja	27
2.8.1 Jenis-Jenis Alumunium	27
2.8.2 Alumunium 2024 - T4	29

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Bahan dan Alat Uji	30
3.1.1 Bahan	30
3.1.2 Pahat Potong	31
3.1.3 Mesin Bubut CNC	32
3.1.4 <i>Loadcell</i>	34
3.1.5 Perangkat Pengolah Data	35
3.1.6 Pemegang Pahat (<i>tool holder</i>) dan Kunci Pahat	36
3.1.7 Jangka Sorong	37
3.1.8 Dial Indikator	37

3.1.9 Mikroskop Optik	38
3.2 Perancangan Percobaan	38
3.2.1 Kondisi Pemotongan	38
3.2.2 Variabel	38
3.3 Metode Penelitian	40
3.3.1 Persiapan Bahan	40
3.3.2 Proses Pengukuran Gaya Potong dan Gaya Makan	40
3.3.3 Kalibrasi Dinamometer	41
3.4 Diagram Alir	42
 BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN	
4.1 Proses Kalibrasi	46
4.1.1 Data Hasil Kalibrasi	46
4.1.2 Analisa Hasil Kalibrasi	47
4.2 Data Hasil Pengukuran Gaya Potong dan Gaya Makan	49
4.2.1 Variasi kecepatan makan	49
4.2.2 Variasi kecepatan potong	50
4.2.3 Variasi kedalaman potong	52
4.3 Perhitungan Gaya Pemotongan Praktek, Gaya Potong Spesifik, dan Daya Pemotongan	52
4.3.1 Perhitungan Gaya Pemotongan Praktek	52
4.3.2 Perhitungan Gaya Potong Spesifik	53
4.3.3 Perhitungan Daya Pemotongan	54
4.4 Pembahasan	55
4.4.1 Hubungan Kecepatan Makan terhadap Gaya Pemotongan	55
4.4.2 Hubungan Kecepatan Potong terhadap Gaya Pemotongan	58
4.4.3 Hubungan Kedalaman Potong terhadap Gaya Pemotongan	62
4.5 Hubungan Gaya Potong Spesifik dengan Kondisi Pemotongan	64
4.5.1 Variasi Gerak Makan	64
4.5.2 Variasi Kecepatan Potong	66
4.6 Daya Pemotongan	67
4.6.2 Hubungan Kecepatan Makan terhadap Daya Pemotongan	67

4.6.1 Hubungan Kecepatan Potong terhadap Daya Pemotongan	68
4.6.3 Hubungan Kedalaman Potong terhadap Daya Pemotongan	69
BAB V PENUTUP	
5.1 Kesimpulan	71
5.2 Saran	71
DAFTAR PUSTAKA	72
LAMPIRAN	74

DAFTAR LAMPIRAN

Tabel 4.1 Perhitungan Data Hasil Kalibrasi Beban 0,467 kg

Tabel 4.2 Data Luaran *Loadcell* Sebenarnya Terhadap Besarnya Gaya
Pembebanan

Tabel 4.3 Perhitungan Data Hasil Pengukuran Gaya Pemotongan Dengan Kondisi
Pemotongan Kecepatan Makan (v_f) = 0,0366 m/min, Kedalaman
Potong (a) = 0.475 mm, Dan Kecepatan Potong (v_c) = 85,71 m/min.

Tabel 4.4 Hasil Pengukuran Gaya Potong

Tabel 4.5 Hasil Pengukuran Gaya Makan

Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Gaya Potong Spesifik

Tabel 4.7 Hasil Perhitungan Daya Pemotongan

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Berbagai Macam Proses Pemesinan

Tabel 2.2 Faktor Koreksi C_{κ}

Tabel 2.3 Faktor Koreksi C_{γ}

Tabel 2.4 Faktor Koreksi C_{VB}

Tabel 2.5 Faktor oreksi C_v

Tabel 2.6 Sifat Mekanis dari Al2024 – T4

Tabel 3.1 Komposisi Kimia Paduan Aluminium 2024 - T4

Tabel 3.2 Sifat Mekanik Paduan Aluminium 2024 - T4

Tabel 3.3 Geometri Pahat Karbida

Tabel 3.4 Komposisi Kimia dan Sifat Mekanis

Tabel 3.5 Spesifikasi Mesin Bubut CNC

Tabel 3.6 Spesifikasi *Straingage*

Tabel 3.7 Kondisi Pemesinan

Tabel 4.1 Perbandingan Parameter Pemesinan Penelitian ini dengan Boston
dan Gilbert (1956)

DAFTAR GAMBAR

- Gambar 2.1 Proses bubut
- Gambar 2.2 Teori tradisional (awal) yang menerangkan proses terjadinya geram
- Gambar 2.3 Teori modern (yang dianut) yang menerangkan proses terjadinya
- Gambar 2.4 Komponen gaya pembentukan geram
- Gambar 2.5 Proses pemotongan tegak
- Gambar 2.6 Proses pemotongan miring
- Gambar 2.7 Standar nomenklatur sudut-sudut pada pahat
- Gambar 2.8 Konstruksi *loadcell*
- Gambar 2.9 *Strain gages*
- Gambar 2.10 Rangkaian *wheatstone bridge*
- Gambar 3.1 Benda kerja dan geometrinya
- Gambar 3.2 Geometri dan mata pahat karbida
- Gambar 3.3 Perangkat mesin bubut CNC
- Gambar 3.4 Penampang benda kerja terpasang
- Gambar 3.5 Konstruksi *loadcell*
- Gambar 3.6 Rangkaian *operational amplifier* jenis AD 524
- Gambar 3.7 Rangkaian mikropocessor ATMEGA8
- Gambar 3.8 Pemegang pahat (*tool holder*) dan kunci pahat
- Gambar 3.9 Jangka sorong
- Gambar 3.10 Dial indikator
- Gambar 3.11 Mikroskop optik
- Gambar 3.12 Diagram alir penelitian
- Gambar 3.13 Diagram alir proses kalibrasi
- Gambar 3.14 Diagram alir proses kalibrasi mesin bubut CNC
- Gambar 4.1 Grafik hasil pengukuran kalibrasi (a) beban 0,467 kg,
(b) beban 0,948 kg, (c) beban 1,430 kg
- Gambar 4.2 Grafik kalibrasi beban 0,467 kg

Gambar 4.3 Grafik kalibrasi beban

Gambar 4.4 Grafik hasil pengukuran (a) gaya potong dan (b) gaya makan dengan kecepatan makan (v_f) = 0,0366 m/min, kedalaman potong (a) = 0.475 mm, dan kecepatan potong (v_c) = 85,71 m/min

Gambar 4.5 Grafik hasil pengukuran (a) gaya potong dan (b) gaya makan dengan kecepatan makan (v_f) = 0,0972 m/min, kedalaman potong (a) = 0.475 mm, dan kecepatan potong (v_c) = 85,71 m/min

Gambar 4.6 Grafik hasil pengukuran (a) gaya potong dan (b) gaya makan dengan kecepatan makan (v_f) = 0,1464 m/min, kedalaman potong (a) = 0.475 mm, dan kecepatan potong (v_c) = 85,71 m/min

Gambar 4.7 Grafik hasil pengukuran (a) gaya potong dan (b) gaya makan dengan kecepatan potong (v_c) = 42,229 m/min, kedalaman potong (a) = 0.475 mm, dan kecepatan makan (v_f) = 0,0366 m/min

Gambar 4.8 Grafik hasil pengukuran (a) gaya potong dan (b) gaya makan dengan kecepatan potong (v_c) = 82,585 m/min, kedalaman potong (a) = 0.475 mm, dan kecepatan makan (v_f) = 0,0366 m/min

Gambar 4.9 Grafik hasil pengukuran (a) gaya potong dan (b) gaya makan dengan kecepatan potong (v_c) = 116,494 m/min, kedalaman potong (a) = 0.475 mm, dan kecepatan makan (v_f) = 0,0366 m/min

Gambar 4.10 Grafik hasil pengukuran (a) gaya potong dan (b) gaya makan dengan kecepatan potong (v_c) = 85,71 m/min, kedalaman potong (a) = 0 – 0.675 mm, dan kecepatan makan (v_f) = 0,0366 m/min

Gambar 4.11 Grafik hubungan antara kecepatan makan dengan gaya pemotongan

Gambar 4.12 Grafik hubungan antara kecepatan potong dengan gaya pemotongan

Gambar 4.13 Grafik hubungan antara kecepatan potong dengan gaya potong menurut Boston dan Gilbert

Gambar 4.14 Grafik hubungan antara kecepatan potong dengan gaya potong pada penelitian ini

Gambar 4.15 Grafik hubungan antara kedalaman potong dengan gaya pemotongan

Gambar 4.16 Grafik hubungan antara gaya potong spesifik dan dengan variasi gerak makan

Gambar 4.17 Grafik hubungan antara gaya potong spesifik dengan variasi
kecepatan potong

Gambar 4.18 Grafik hubungan antara kecepatan potong dengan daya pemotongan

Gambar 4.19 Grafik hubungan antara kecepatan makan dengan gaya pemotongan

Gambar 4.20 Grafik hubungan antara kedalaman potong dengan gaya pemotongan

NOMENKLATUR

a	= Kedalaman potong (mm)
A	= Penampang geram sebelum terpotong
A_{shi}	= Penampang bidang geser
A_{γ}	= Bidang pada pahat dimana pahat mengalir
b	= Lebar pemotongan
C_{κ}	= Faktor koreksi terhadap sudut potong utama
C_v	= Faktor koreksi terhadap kecepatan potong
C_{VB}	= Faktor koreksi terhadap keausan tepi VB
C_{γ}	= Faktor koreksi terhadap susut geram
d	= Diameter rata - rata
d_m	= Diameter awal benda kerja
d_o	= Diameter akhir benda kerja
E	= Modulus elastisitas
f	= Gerak makan
F	= Gaya total yang bekerja pada proses pemotongan logam
F_f	= Gaya makan searah dengan kecepatan makan.
F_s	= Gaya geser yang mendeformasikan material pada bidang geser
F_{sn}	= Gaya normal pada bidang geser
F_r	= Gaya radial
F_v	= Gaya potong searah dengan kecepatan potong
F_{γ}	= Gaya gesek pada bidang geram
$F_{\gamma n}$	= Gaya normal pada bidang geram
G	= Modulus elastisitas geser
h	= Tebal geram sebelum terpotong
k_s	= Gaya potong spesifik
$k_{s1.1}$	= Gaya potong spesifik referensi
l_t	= Panjang pemakanan benda kerja
n	= Kecepatan putaran spindel
N_c	= Daya potong

N_{ct}	= Daya pemotongan total
N_f	= Daya makan
R	= Hambatan
r_ϵ	= Radius potong pahat
S	= Mata potong utama
S'	= Mata potong bantu
t_c	= Waktu pemotongan
v	= Kecepatan potong
v_f	= Kecepatan makan
VB	= Keausan tepi
Y	= Panjang sisi penampang <i>loadcell</i>
z	= Pangkat tebal geram; rata-rata berharga = 0,2
Z	= Kecepatan penghasilan geram
α_o	= Sudut bebas <i>orthogonal</i>
α_o	= Sudut bebas minor
ϵ	= Regangan
κ_r	= Sudut potong utama
κ_r'	= Sudut potong bantu
γ_o	= Sudut geram, karakteristik geometri pahat
η	= Sudut gesek
λ_h	= Rasio pemampatan tebal geram
λ_s	= Sudut miring
μ	= Koefisien gesek
ρ	= Massa jenis
σ_u	= Tegangan tarik
σ_y	= Tegangan geser
τ_{shi}	= Tegangan geser pada bidang geser
Φ	= Sudut geser